

doi:10.13582/j.cnki.1674-5884.2016.05.014

岩层移动相似试验教学方法改革与实践

张源, 马文顶, 严红, 张磊

(中国矿业大学 矿业工程学院, 江苏 徐州 221116)

摘要:基于岩层移动物理相似模拟实验过程中存在的问题,采用3DS Max和Unity 3D等虚拟仿真软件平台,研制了岩层移动相似试验虚拟仿真实验教学软件,探索了虚拟仿真与物理相似模拟相结合的实验教学方法,丰富了实验教学手段,提高了实验教学效率,取得了良好的教学效果。

关键词:采矿工程;岩层移动;虚拟仿真;实验教学

中图分类号:G482 **文献标志码:**A **文章编号:**1674-5884(2016)05-0044-04

信息技术在教育领域中的应用逐步深入,这有力地促进了教育模式、教学方法和学习方式的深刻变革^[1,2]。虚拟仿真实验教学是信息技术在教育领域中的应用的具体体现之一,它利用虚拟仿真软件对实验环境、实验对象和实验过程进行模拟,进而达到传统实验室真实实验不具备或难以实现的教学效果^[3-5]。目前,虚拟仿真实验教学方法正在全国教育教学领域普遍推广应用,代表性的行动就是在全国高校建设国家级的虚拟仿真实验教学中心。采矿工程是一个工程实践性比较强的专业,在采矿工程专业大学生的实践创新能力培养环节中引入虚拟仿真教学模式,不仅有助于加强学生对专业知识的理解和掌握,还可以拓展学生的知识面,激发学生对先进科学技术知识的追求^[6,7]。

岩层控制理论中的采场顶板活动规律、矿山压力显现规律、岩层移动与控制、巷道围岩变形与控制等问题是采矿工程专业的核心内容^[8]。这些内容的实践性比较强,需要配套相应的实验教学环节来增强学生对这些知识的理解。物理相似模拟试验方法是基于相似理论的一种实验室实验方法,特别适合工程岩体的模拟试验,基本能够展现采矿过程中顶板的活动规律与岩层的变形破坏特征,教学过程直观,教学效果比较好。但是,该方法存在劳动强度大、实验周期长、材料消耗多、实验环境差等问题,不能满足学生全过程参与实验的要求,往往是十几位同学做一个实验,很难满足本科实验教学所需^[9]。因此,有必要对传统的实验教学方法和手段进行改革探索。

基于岩层移动相似试验过程和虚拟仿真技术,中国矿业大学矿业工程国家级实验教学示范中心开发出了岩层移动虚拟仿真实验教学软件,对采用虚实结合的方法对岩层移动实验教学方法进行了实践探索,取得了良好的效果。

1 物理相似试验中存在的问题

物理相似模拟试验方法是采矿工程专业重要的实验教学内容之一。但是,由于采矿场所的生产地质条件复杂,物理模型上相对应的边界条件很难设置,一般需要进行简化处理,基本上只能满足演示型和验证型实验的要求。科研探索性的物理相似实验需要考虑很多因素,由于模型试验的局限性,很难在

收稿日期:20151002

基金项目:中国矿业大学教育教学改革与建设课题(2014SY01);江苏高校品牌专业建设工程资助项目(PPZY2015A046)

作者简介:张源(1985-),男,安徽阜南人,讲师,博士,主要从事采矿工程方面的教学和科研工作。

大纲中列为必选的实验教学内容。客观上,物理相似试验过程中还存在一定的局限性。

一是材料消耗多、实验成本高。对于一个普通的平面应力模型架,一次实验需要消耗普通河砂、石膏、 CaCO_3 和云母粉等相似模拟材料 1 t 以上(对于急倾斜煤层的模型,需要消耗近 4 t),以及各类传感器(易损耗)等仪器设备。开出一组实验,所需相似材料、易损耗仪器设备、模型人工铺设、固体废弃物处理等费用大约为 2 000 元。假如 6 人分成一个组,每个班级按 30 人计算,那么,一个班级一次试验的花费是 10 000 元。每个年级共 8 个班级,共需 80 000 元,试验成本非常高。

二是过程环节多,实验周期长。岩层移动的相似模拟试验要经过试验设计、材料配比、相似材料制备、模板架设、铺模型、晾干、拆模板、开挖、观测、拆模型和试验数据整理与分析等流程,整个过程最短耗时约 2 周。自然晾干过程中还需要经常观察模拟岩层的干湿情况,择时酌量拆减模板。通风条件不好时,还需要采取辅助通风措施。冬天时,整个试验过程大约会持续 1 个月。

三是影响因素多,实验控制难度大。如果要达到材料配比表中材料的物理力学参数,配比和搅拌过程需要较高精度,否则材料的物理力学性质可能会有较大的变化;模型铺设时机、密实度等需要丰富的经验,不同的人进行铺设,结果可能差别比较大;模型的干燥程度可能决定着实验的成败,受很多因素影响,太湿模型容易垮,太干模型开挖时顶板暴露面积大。总之,影响模型铺设过程的因素比较多,需要经过大量的试验总结才能对试验过程进行有效控制。

四是劳动强度大、实验环境差、安全风险高。上千公斤的相似材料需要搬运、搅拌和铺设,几百公斤的模板需要安装和拆卸;模型铺设和开挖都需要集中时间一次性完成,劳动量比较集中。模型为金属框架,比较重,搬运、安装和拆卸过程中容易发生机械伤害;实验配比、搅拌和模型铺设过程中产生的粉尘大、地面湿滑;相似材料产生的粉尘容易吸入肺部,对身体健康有一定的影响。

由于存在以上问题,实验室目前只能勉强保证采矿工程专业本科生的实验教学工作量,要实现实验室的开放共享,具有很大的难度。

2 虚拟仿真实验教学软件研制

针对实验教学中存在的突出问题,采用 3DS Max 和 Unity 3D 等虚拟仿真软件平台,研制了相应的虚拟仿真实验软件(如图 1)。该软件能够在计算机上实现传统相似物理实验中的材料配比、模型铺设、边界加载、开挖、监测、数据采集和数据分析,界面简单,完整虚拟构建了岩层移动相似试验的全过程,满足了采矿工程专业本科实验教学。岩层移动虚拟仿真实验软件主要由虚拟室内环境、材料库、模型架、工具库和数据采集与分析器共 5 部分构成,他们共同作用完成实验室中物理相似模拟试验所具有的全部过程模拟。

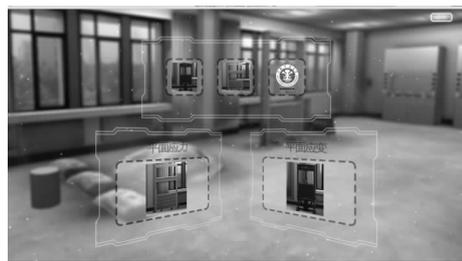


图 1 岩层移动虚拟仿真软件界面

1) 虚拟室内环境。如图 2 所示,软件完全模拟中国矿业大学岩层移动相似模拟实验室内的环境构建,仪器设备齐全、整齐、直观,非常逼真。在进入虚拟实验室之前,软件要求学生确认已经了解实验室的相关规章制度,并熟悉实验过程。

2) 材料库。材料库的作用是提供铺设模拟岩层需要的材料,不设岩石名称,只提供材料配比所需的原材料。选用材料前,先根据模拟岩层的物理力学参数和相似比选择材料配比号,之后根据模拟岩层的尺寸进行相似材料的配比计算(见图 3)。在材料配比对话框中输入重量即可。材料库中的材料是预先在实验室进行验证过的,比如辽宁工程技术大学所做的沙子、碳酸钙、石膏配比,都有系统的数据。在虚拟环境中进行材料配比试验,对现实试验过程是一个很好的补充。



图2 虚拟实验环境



图3 虚拟材料配比

3)模型架。如图4所示,虚拟模型架包括平面应力模型架和平面应变模型架。模型架的主要作用是提供模拟岩层的铺设场地,模拟现实中的模型架制作。平面应力模型架的长宽高有效尺寸分别为 $2\ 500\ \text{mm} \times 200\ \text{mm} \times 2\ 000\ \text{mm}$,主要由底座、油缸、侧挡板、上挡板和模板组成。平面应力模型架的有效尺寸分别为 $800\ \text{mm} \times 200\ \text{mm} \times 1\ 000\ \text{mm}$,主要由底座、侧挡板、上挡板、模板和千斤顶组成。油缸和千斤顶的作用是提供上覆岩层的载荷。

4)工具库。工具库提供一些模拟过程中需要的工具,有开挖工具、回填工具、支护工具、应力计模拟器和位移计模拟器。开挖工具制作成铲子状,主要模拟现实中人工开挖过程;回填工具制作成砖块状,模拟现实中的充填过程;支护工具制作成支架状,模拟现实中的采场支架维护顶板;应力计模拟器和位移计模拟器制作成表头状,用于安设在模拟岩层中,监测应力和位移变化。

5)数据采集与分析器。数据分析器的主要作用是分析应力计模拟器和位移计模拟器的数据,提供数据查询和初步分析功能,主要是通过虚拟的计算机和界面来体现。

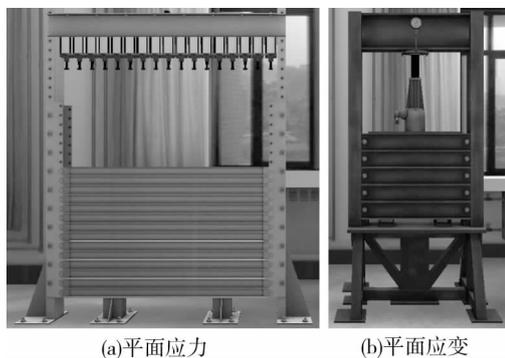


图4 虚拟模型架

3 虚实结合的实验教学方式

岩层移动虚拟仿真实验教学软件开发以后,进一步完善了岩层移动的实验教学方式方法,充分发挥了“实之真、虚之拟”的优点,具体是遵循“虚实结合、先虚后实、先独立后合作、先模拟后验证”的原则。

3.1 虚实结合、先虚后实

物理相似模拟方法属于同类模拟,具有过程真实直观、数据可靠等优点,而虚拟仿真实验方法却具有物理相似模拟方法不具备的省时省力、成本低廉、重复性好等优点。实验教学过程中,虚实结合法有助于实现单一方法缺点的规避和两种方法优点的配合。物理相似模拟试验开始后,一旦发现问题,修正成本较高。先开展虚拟仿真实验后进行物理相似实验,使学生得到了实验训练,对过程更加熟悉,可以降低物理实验失误概率。实践过程中,需要适当控制虚拟仿真方法的使用比重,真正发挥虚拟仿真方法对物理相似方法的有效补充作用。

3.2 先独立后合作

限于实验室的硬件条件,物理相似模拟试验教学过程中,只能采取小组的形式,每位同学只能完成试验中的一部分工作,这样就无法对实验全过程有深刻的认识。先独立开展虚拟仿真实验,后分小组进行物理相似实验,可以弥补这一问题。学生可以通过虚拟仿真实验对岩层移动的物理相似实验全过程进行深入了解,后通过物理相似实验加深认识,并对实验中的一部分内容发挥主要作用。

3.3 先模拟后验证

岩层移动物理相似模拟试验能够展现的岩层移动特征有限,实验结果也只能与书本或者课堂中学到的相关知识进行对比。先根据给定条件开展虚拟仿真实验,对可能的实验结果有一个大致的了解,然后采用物理相似试验的方法验证虚拟实验结果,既可以丰富实验过程对岩层移动规律的解释,又增加了一个对比环节,即虚拟实验结果与物理相似试验结果对比。通过对比分析,可以加深同学们对岩层移动规律的理解和掌握。

4 结语

采矿工程虚拟仿真实验教学是对传统实验教学的重要补充,是新形势下信息化教学的重要手段之一。论文论述了物理相似模拟试验方法在岩层移动实验教学中遇到的困难,利用计算机科学技术,设计了岩层移动虚拟仿真实验教学软件,探索了虚拟仿真与物理相似模拟相结合的实验教学方法,完善采矿工程专业多层次的实验教学体系,取得了良好的教学效果。

参考文献:

- [1] 王卫国. 虚拟仿真实验教学中心建设思考与建议[J]. 实验室研究与探索, 2013, 32(12): 5-8.
- [2] 程思宁, 耿强, 姜文波, 等. 虚拟仿真技术在电类实验教学中的应用与实践[J]. 实验技术与管理, 2013, 30(7): 94-97.
- [3] 周燕. 虚拟仿真技术在大学物理实验教学中的应用[J]. 合肥工业大学学报, 2008, 22(5): 106-109.
- [4] 崔媛, 武艳君, 孙萌萌, 等. 依托虚拟仿真实验教学中心, 培养工程实践能力[J]. 实验科学与技术, 2015, 13(2): 142-144.
- [5] 陈建武, 张晴. 安全人机工效虚拟仿真实验系统设计[J]. 中国安全生产科学技术, 2013, 9(5): 117-120.
- [6] 马文顶, 吴作武, 万志军, 等. 采矿工程虚拟仿真实验教学体系建设与实践[J]. 实验技术与管理, 2014, 31(9): 14-18.
- [7] 张东升, 屠世浩, 万志军, 等. 采矿工程特色专业创新能力培养的实验教学改革探索[J]. 实验室研究与探索, 2011, 30(3): 110-113.
- [8] 彭赐灯. 矿山压力与岩层控制研究热点最新进展评述[J]. 中国矿业大学学报, 2015, 44(1): 1-8.
- [9] 马文顶, 许家林, 邹喜正. “矿山压力与岩层控制”课程实验教学的探索[J]. 实验室研究与探索, 2004, 23(6): 58-60.

(责任校对 谢宜辰)